



Det här verket har digitaliserats vid Göteborgs universitetsbibliotek och är fritt att använda. Alla tryckta texter är OCR-tolkade till maskinläsbar text. Det betyder att du kan söka och kopiera texten från dokumentet. Vissa äldre dokument med dåligt tryck kan vara svåra att OCR-tolka korrekt vilket medför att den OCR-tolkade texten kan innehålla fel och därför bör man visuellt jämföra med verkets bilder för att avgöra vad som är riktigt.

This work has been digitized at Gothenburg University Library and is free to use. All printed texts have been OCR-processed and converted to machine readable text. This means that you can search and copy text from the document. Some early printed books are hard to OCR-process correctly and the text may contain errors, so one should always visually compare it with the images to determine what is correct.



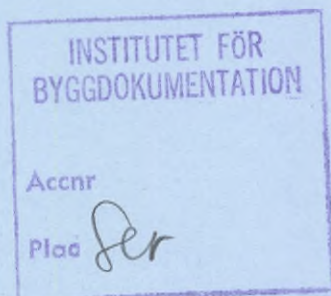
Rapport

R8:1987

Ökad sjövärmes på vintern

**Metoder att påskynda isläggningen i
sjöar för högre energiinnehåll
vintertid**

**Sture Lindahl
Jonny Svensson
Mats Moberg**



Byggforskningsrådet

R8:1987

ÖKAD SJÖVÄRME PÅ VINTERN

Metoder att påskynda isläggningen i sjöar
för högre energiinnehåll vintertid

Sture Lindahl
Jonny Svensson
Mats Moberg

Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 830214-1
från Statens råd för byggnadsforskning till SMHI,
Norrköping.

REFERAT

Vindinducerad omblandning är en faktor som påverkar en sjös avkylning. Kan denna omblandning minskas under tiden fram till isläggningsmagasineringen av energi i sjön och förutsättningarna för energiotvinning med t ex värmepumpar förbättras.

Syftet med detta projekt var att teoretiskt och praktiskt studera möjligheterna att reducera effekterna av den vindinducerade omblandningen.

Teoretiskt studerades användandet av konstgjorda strömningshinder och möjligheten att påverka isläggningens förlopp med en "konstgjord" densitetsskiktning skapad genom inledning av mycket kallt ytvatten i sjön. De teoretiska studierna visade att båda metoderna borde ge positiva resultat.

Praktiskt testades användandet av strömningshinder, i detta fall oljelänsor, i en sjö. Resultatet av försöket blev att länsor har en positiv effekt på isläggningens förlopp. Säkra kvantifierbara energivinster kunde inte mätas upp. Orsaken var de stora naturliga variationerna i värmeinnehåll i sjöar mellan olika år. Slutsatsen blev emellertid att länsor måste ha en positiv effekt på det påvisade effektivare isläggningens förlopp.

I Byggnadsforskningsrådets rapportserie redovisar forskaren sitt anslagsprojekt. Publiceringen innebär inte att rådet tagit ställning till åsikter, slutsatser och resultat.

R8:1987

ISBN 91-540-4686-6
Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm
Svenskt Tryck Stockholm 1987

I N N E H Å L L

1. SAMMANFATTNING	4
2. INLEDNING	5
3. SJÖAR MED LITEN OMBLANDNING	5
4. AVKYLNING I EN SJÖ MED EN STARK "KONSTGJORD" DENSITETSSKIKTNING	6
5. VATTENRÖRELSER I EN SJÖ MED KONSTGJORDA STRÖM- NINGSHINDER	11
6. LÄNSFÖRSÖK	16

1. SAMMANFATTNING

Vindinducerad omblandning är en faktor som påverkar en sjös avkylning. Kan denna omblandning minskas under tiden fram till isläggningen magasineras mera energi i sjön och förutsättningarna för energiutvinning med t ex värmepumpar förbättras.

Effekten av den nämnda omblandningen kan bli reduceras genom användande av konstgjorda strömningshinder som minskar vindens möjligheter att transportera ytvattnet i sjön. Dessutom kan isläggningsförloppet påskyndas så att sjön så snabbt som möjligt får ett vindskyddande istäcke.

I denna rapport redovisas två teoretiskt studerade fall och resultaten av ett praktiskt försök med blandningsreducerande länsor.

Det första av de teoretiskt studerade fallen rör möjligheten att påverka isläggningen i sjöar med en "konstgjord" densitetsskiktning. Denna kan t ex uppnås genom att man, då vädersituationen är lämplig, leder in mycket kallt ytvatten från en mindre eller grundare sjö/vattendrag för att påskynda isläggningsförloppet. Beräkningar med en matematisk turbulensmodell visar att metoden bör kunna fungera om överledning av vatten från kallare sjö/vattendrag är praktiskt möjlig.

I det andra teoretiskt undersökta fallet har effekten av konstgjorda strömningshinder studerats. Strömningshinder medför lägre vågor och lägre strömningshastigheter och bör därför också minska omblandningen och avkylningen av vattnet i en sjö. Idén har testats i en enkel studie med hjälp av en matematisk modell. Resultaten av den studien visar att man med hjälp av ett begränsat antal länsor teoretiskt kan dämpa den vinddrivna cirkulationen och därmed omblandningen i en sjö.

För att pröva metoden i praktiken genomfördes försök med länsor i en mindre sjö i Kolmården norr om Norrköping 1983/84 och 1984/85. Avkylningsförloppet studerades både i försökssjön och i två närliggande referenssjöar. Resultaten av försöken har sammanfattats i två punkter:

1. Länsor har en klart positiv effekt på själva isläggningens förlopp.
2. Mätningarna har inte kunnat visa kvantifierbara energivinsterna p g a cirkulationsminskning och effektivare isläggning. Orsaken är de stora naturliga variationerna i värmeinnehåll i sjöarna mellan olika år. Enbart det påvisade effektivare isläggningsförloppet måste emellertid ge en ökning av energiinnehållet vintertid.

Sammanfattningsvis kan sägas att metoden för cirkulationsbegränsning borde kunna utnyttjas praktiskt. Förslagsvis skulle tekniken med länsor prövas i någon inte alltför stor sjö som används för energiutvinning med värmepumpar.

2. INLEDNING

Värmepumpar med värmeuttag från sjöar och vattendrag är redan i dag en viktig del i den svenska energiförsörjningen. Planerade värmeuttag från sjöar kan i framtiden bidra till att reducera oljeimporten.

Värmeinnehållet i en sjö minskar under hösten och förvintern genom värmeutstrålning från sjöns yta. På senhösten har sjöar antagit en temperatur på omkring 4°C i hela vattenmassan. Vidare avkylning vid ytan innebär att vattnet blir lättare och stannar kvar i ett tunt övre lager. Om inte energi för omblandning tillförs sjön, så avkyls ytvattnet snabbt och isläggning reducerar kraftigt vidare värmeutstrålning. Man skulle då ha en mycket gynnsam situation med ett fyrgradigt vatten i större delen av vattenmassan från vilken värme kan tas till värmepumpar. Blandningsenergi förs emellertid alltid ner i sjön genom vinds och vågors verkan och i de flesta sjöar går omblandningen vidare efter avkylning till 4°C och temperaturen i vattenmassan brukar sjunka till under 2°C innan isen lägger sig vid ytan. Om tillförseln av blandningsenergi kunde minskas eller blandningen i sig själv dämpas så att isläggningen sker bara några dagar tidigare än naturligt, skulle stora vinster kunna göras, eftersom värmeinnehållet i sjön skulle öka betydligt.

3. SJÖAR MED LITEN OMBLANDNING

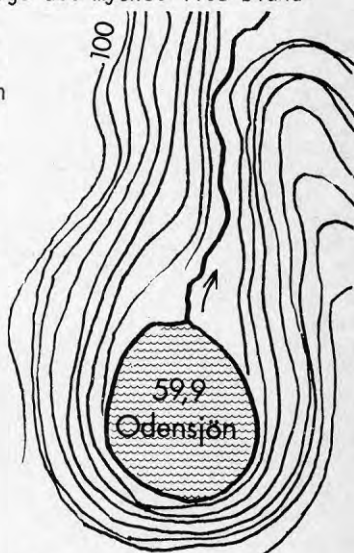
Sjöars läge i skogsbygd, i fjällterräng etc. innebär att sjön är mer eller mindre exponerad för vindpåverkan. Några enstaka svenska sjöar har ett så vindskyddat läge att mycket lite blandningsenergi tillförs och temperaturen i djupvattnet håller hela vintern (och också på sommaren) temperaturen 4°C . Ett exempel på en sådan sjö är Odensjön i Skåne.

Fig 2a visar temperaturens årliga gång i sjön.

Av kartskissen i fig 1 framgår att Odensjön ligger omgiven på tre sidor av skogsklädda höjder.


Fig 2b illustrerar mera normala temperaturförhållanden i en sjö.


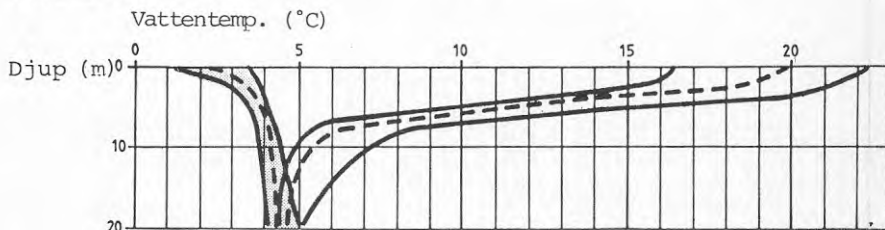
En naturlig minskning av vindexponeringen på mindre sjöar kan enkelt erhållas genom trädplantering som skydd för vissa under hösten vanliga vindriktningar.



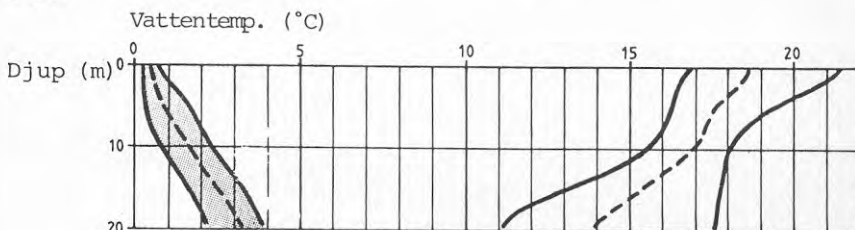
Figur 1. Odensjön

TEMPERATURVERTIKAL I SJÖ

 Vintermin. (min, medel, max)

 Sommarmax. (min, medel, max)
ODENSJÖN

Figur 2a. Temperaturen årliga gång i Odensjön.

GLAN

Figur 2b. Temperaturen årliga gång i Glan.

En sådan enkel åtgärd borde statistiskt innebära några tiondels grader varmare vatten.

Nedan beskrivs två tänkbara metoder för att på konstgjord väg dämpa omblandningen (turbulensen) i en sjö.

1. Påfyllning i sjön av kallt vatten (0°C) för att skapa en kraftig skiktning som dämpar turbulensen i vattenmassan.
2. Vinddrivna strömmar och vågor kan dämpas med i sjön utlagda länsor, av samma typ som används vid oljeolyckor.

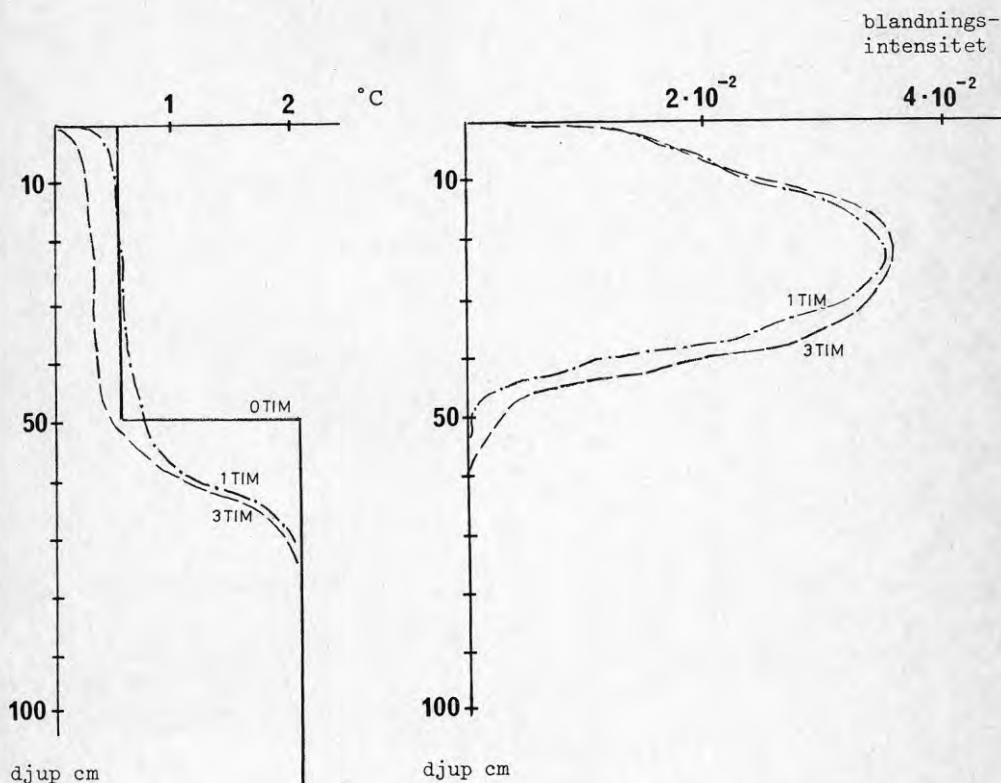
4. AVKYLNING I SJÖ MED EN STARK "KONSTGJORD" DENSITETSSKIKTNING

En sjö som avkylts till $3-4^{\circ}\text{C}$ kan under en kall, stilla natt få ett 25-30 cm tjockt kallt ytlager och eventuellt ett tunt is-täcke. Redan en svag vind kommer dock att medföra att avkylningen kommer att ske i ett tjockare lager och ingen is kan bildas. Om man, då vädersituationen är lämplig, kan tillföra sin sjö ett kallt ytvatten (0°C , 25-30 cm tjockt) från en mindre eller grundare sjö/vattendrag i närheten hindras blandningen vid skiktgränsen och hela avkylningen gäller endast det övre 25-30 cm tunna lagret. Då ingen värme blandas upp från djupvattnet kan, under en kall natt, ett relativt tjockt islager bildas som kan motstå senare korta perioder av blåst och mildväder.

För att testa om ovanstående förslag är realistiskt har SMHI genomfört några beräkningar med en matematisk turbulensmodell. (J. Sahlberg: A Hydrodynamical model for heat contents calculations in lakes at the ice formation date.) Sahlberg har visat att modellen klarar av att simulera höstavkylning i sjön Väsman. Jämförelse mellan uppmätt och beräknad temperatur i ett vertikalsnitt i sjön under perioden från första november till isläggningen sjunde december, visar mycket god överensstämmelse. Man kan därför anta att modellen kan ge besked om vilka förutsättningar som måste uppfyllas för att isläggning skall ske tidigare. De beräkningar som redovisas nedan är inte någon fullständig genomgång av förutsättningarna. Modellen kan emellertid användas för att ingående studera vindblandning och värmebalans under olika förutsättningar.

Beräkningsexempel

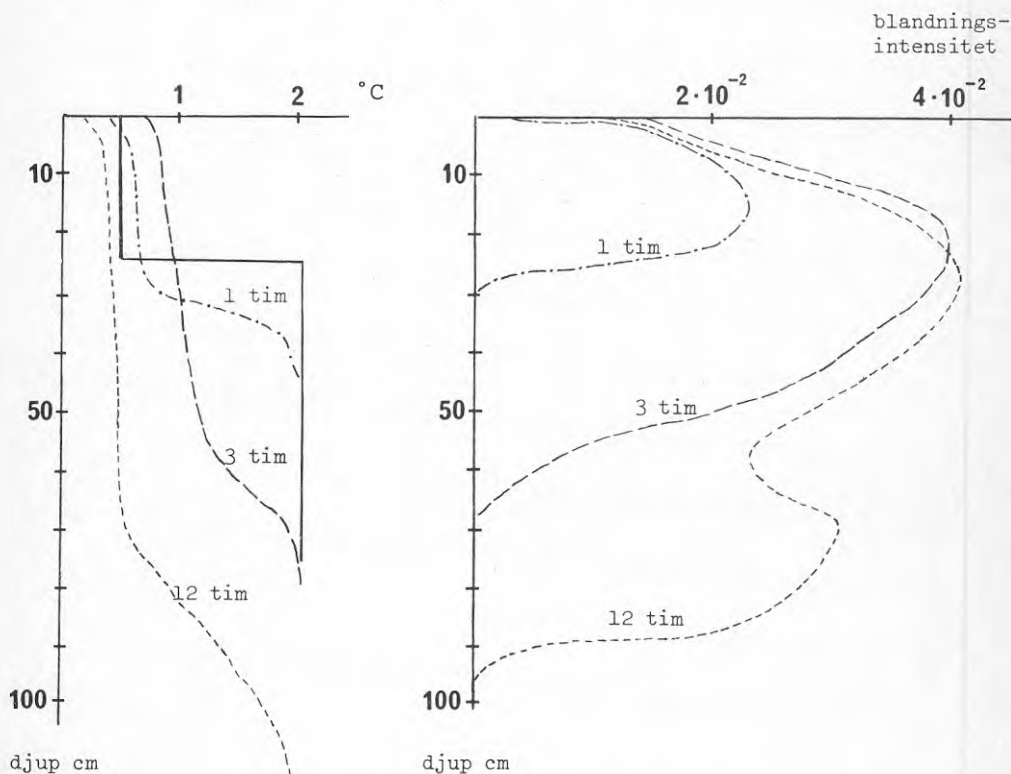
Förutsättningar: Sjöns djup 20 m, vindhastighet 1 m/s. Ett 50 cm tjockt lager av $0,5^{\circ}\text{C}$ varmt vatten har skiktats ovanpå sjövattnet som är 2°C . Ett värmeutflöde ur sjön på 100 W/m^2 har antagits, vilket motsvarar en kall natt. En extrem kall natt kan utflödet vara så stort som 400 W/m^2 .



Figur 3. Temperatur efter 0,1 resp 3 timmar, 50 cm ytskikt.

Figur 4. Blandningsintensitet efter 1 resp 3 timmar, 50 cm ytskikt.

Figur 3 visar den beräknade temperaturen i ett vertikalsnitt i sjön vid tiden 0 samt efter 1 och 3 timmar. Efter 3 timmar är temperaturen vid ytan på fryspunkten. En viss nedblandning av kallt, lätt vatten i det undre lagret har skett men den konstlade densitetsskiktningen dämpar effektivt den av vinden orsakade turbulensen. (fig 4). Figur 5 visar den beräknade temperaturen då det översta, kalla lagret endast är 25 cm tjockt. Efter 3 timmar har den vindgenererade turbulensen åstadkommit en blandning mellan ytvattnet och djupvattnet så att skiktgränsen ligger på 60-70 cm. Trots värmeavgivningen vid ytan har blandningen gjort ytvattnet varmare än det var initieellt.



Figur 5. Temperatur efter 1,3 resp 12 timmar, 25 cm ytskikt.

Figur 6. Blandningsintensitet efter 1,3 resp 12 timmar, 25 cm ytskikt.

Efter 12 timmar ligger skiktgränsen på 90 cm nivån. Inblandningen av varmt vatten underifrån tillför nu mindre värme än vad som strålar ut genom ytan och temperaturen i de översta centimetrarna börjar att närma sig fryspunkten.

Omblandningen är i inledningsskedet (0-3 tim) intensiv i skiktgränsen och förmår bryta upp skiktningen något. Då ytlagret efter 12 timmar blivit tjockare fördelas blandningsenergin över en större volym och inblandningen av varmt djupvatten avtar. (se fig 6).

Beräkningsexemplen visar att man kan få isläggning på en sjö där huvuddelen av vattnet håller en temperatur på 2°C om man under en kall, lugn kväll tillför kallt ytvatten. Om det kalla ytlagret har tjockleken 30-40 cm sker isläggningen enligt beräkningarna på 3-4 timmar. Ytterligare beräkningar skulle kunna ge svar på frågan om isläggning kan ske ännu tidigare t ex då vattentemperaturen är 4°C . Hur tjockt lager av kallt vatten kan behövas etc.

Beräkningar i en sjö utan konstlad tillförsel av kallt ytvatten visar att vid ovanstående förutsättningar ett lager mellan 5-10 m tjockt deltar i avkylningen.

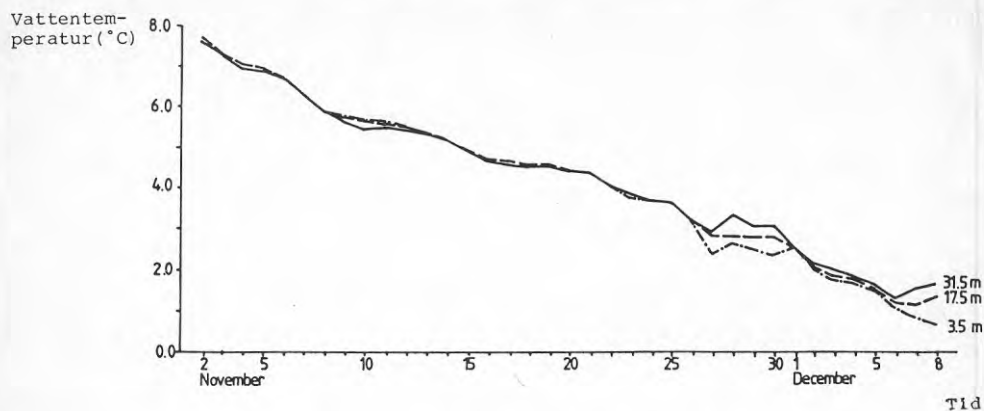
Processen att sänka temperaturen från 2°C till fryspunkten tar därmed 4-6 dagar i anspråk vilket bl a innebär att perioder med högre vindhastigheter än 1 m/s med stor sannolikhet kommer att ingå. Blandningsenergi tillförs, ytlagret fördjupas och avkylningen går långsammare.

Tillämpning på Väsman hösten 1981

I sjön Väsman gjorde STAL-LAVAL 1981 i samarbete med ASEA temperaturmätningar på 11 olika nivåer i sydöstra delen av sjön. Figur 7 är hämtad ur rapporten A Hydrodynamical model for heat contents calculations in lakes at the ice formation date av Jörgen Sahlberg, SMHI och visar temperaturen i sjön under nov-dec-81. Den 26:e november inträffar den vädersituation där en överledning av iskallt ytvatten skulle ha haft stor effekt.

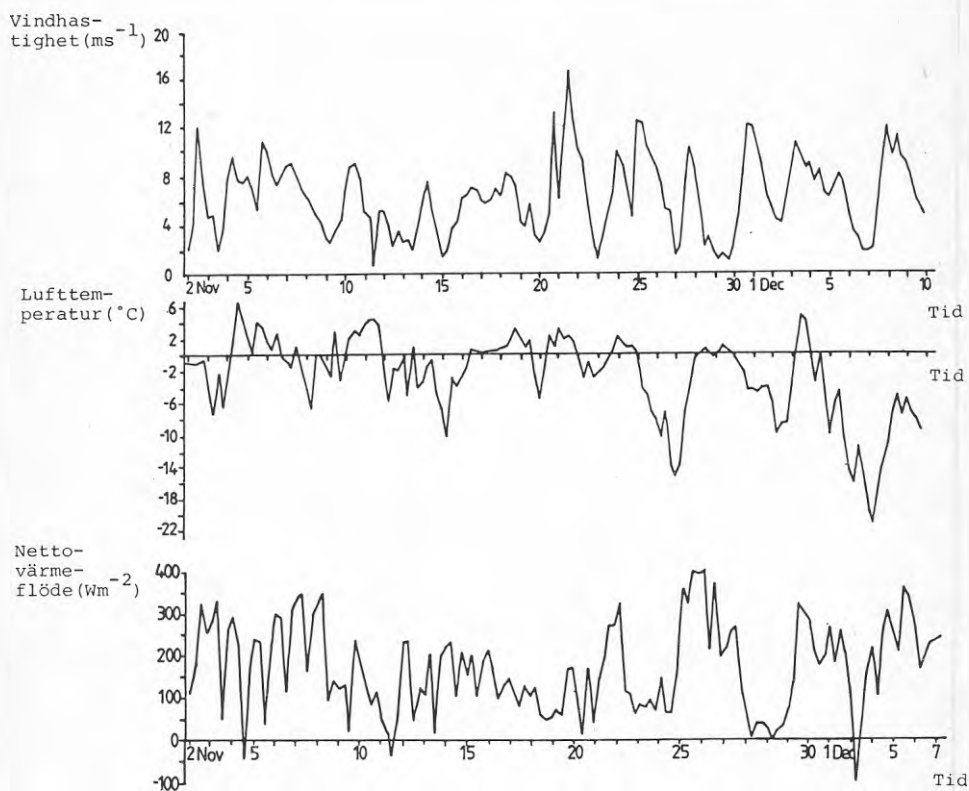
På kvällen faller temperaturen till -15°C , vinden avtar och värmeflödet ur sjön är över 200 W/m^2 (se fig 8).

Vattnet i sjön som under hela november varit väl omblandat ner till 31.5 m djup kyls kraftigt i ytan. Ytvattentemperaturen sjunker en hel grad, medan djupvattnet håller oförändrad temperatur. Temperaturskiktningen i sjön består ända tills den 1 december då en kraftig vind blandar vattnet igen. Om man 26 nov kunnat förse Väsman med ett 30-40 cm tjockt, kallt ytlager, är det möjligt att man fått ett istäcke tillräckligt kraftigt för att kunna motstå blåsvädret den 1 dec. Det var denna dag kallt och ett redan existerande istäcke borde ha växt till ytterligare. Isläggningen skedde nu istället 7 dec då vattnet i sjön ner till 30 m var omkring 1°C . Mellan den 26 nov och 7 dec hade mer än $3 \cdot 10^9 \text{ kWh}$ lämnat sjöns sydöstra bassäng. Hela energiinnehållet hade då minskat till hälften. Ett av våra stora vattenkraftverk måste arbeta i en månad för att producera motsvarande energimängd. Ringhals 1 får köras i mer än 15 dygn för att producera den energimängd som går bort ur sjön på 11 dygn.



Figur 7 . Figuren visar vattentemperaturdata från tre termistorer placerade på tre olika djup; 3.5 m, 17.5 m och 31.5 m. Det är av värde att notera att hela sjön var täckt av is den 7:e december.

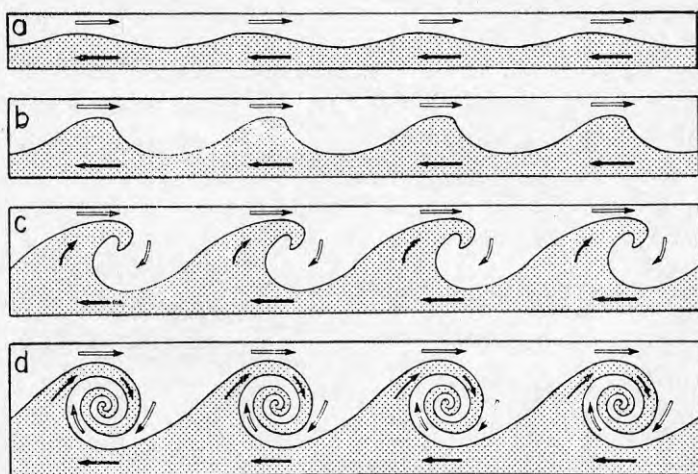
(Väsman 1981)



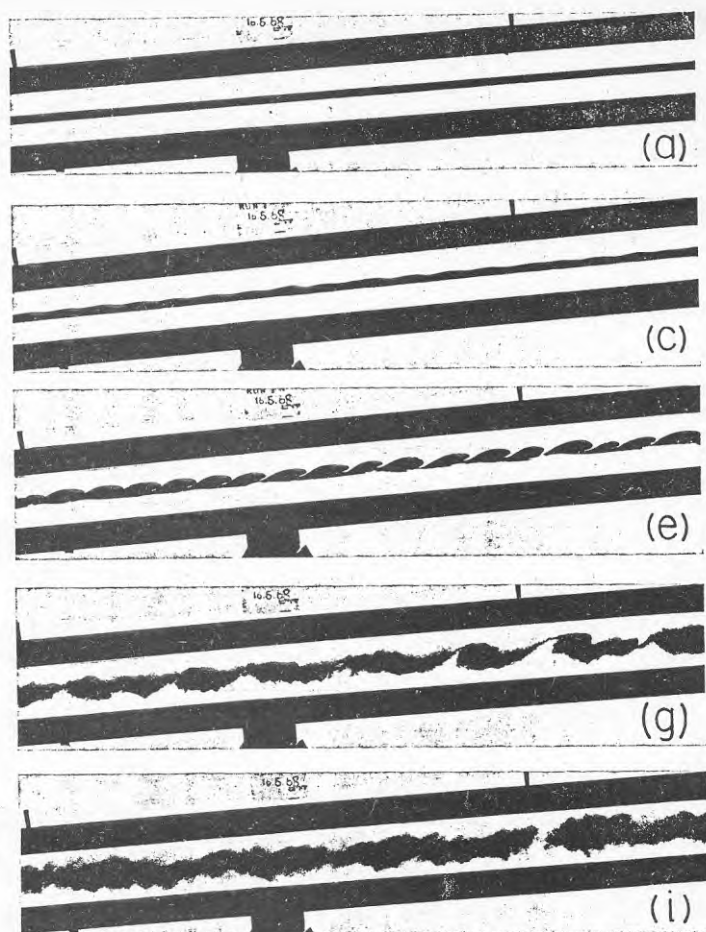
Figur 8. Vind, lufttemperatur och värme flöde (Väsman 1981).

5. VATTENRÖRELSE I EN SJÖ MED KONSTGJORDA STRÖMNINGSHINDER

I en sjö som avkylts till 3-4 °C skulle värmeavgivningen under förvintern snabbt åstadkomma ett istäcke om inte varmt (4°) djupvatten genom inre strömningar i sjöar kontinuerligt tillförs ytlagret. Vinden driver ytvattnet till ena änden av sjön. Djupvattnet strömmar då åt motsatt håll. Motriktad rörelse i gränsskiktet mellan varmt och kallt vatten medför i sig virvelbildning och omblandning, se figurerna 9 och 10.



Figur 9. Olika stadier av virvelbildning på gränssytan av ett tvålayersystem med motriktade hastigheter i de båda lagren (Mortimer 1961).

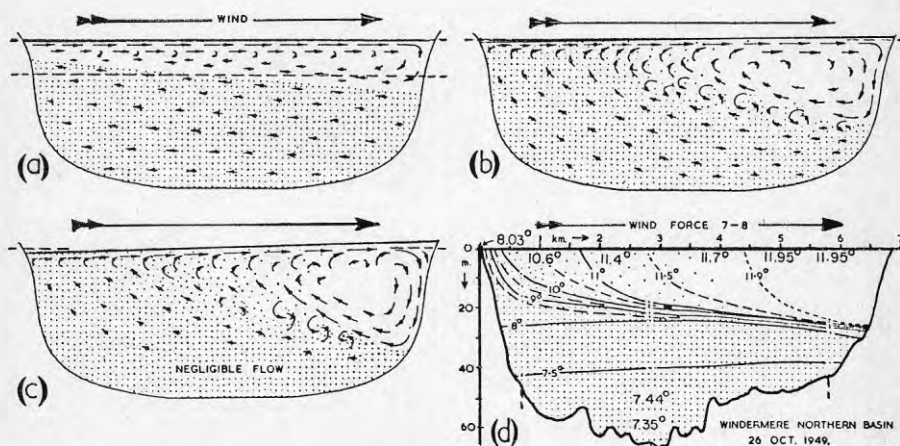


Figur 10. Virvelbildning på gränsytan i ett tvålager-system. Ett långt, rektangulärt rör har fyllts med vätska av två olika densiteter. Gränsytan har färgats med svart färg i ett 1,3 cm tjockt lager. Då röret lutasströmmar det lättare, övre lagret åt höger (Thorpe 1971).

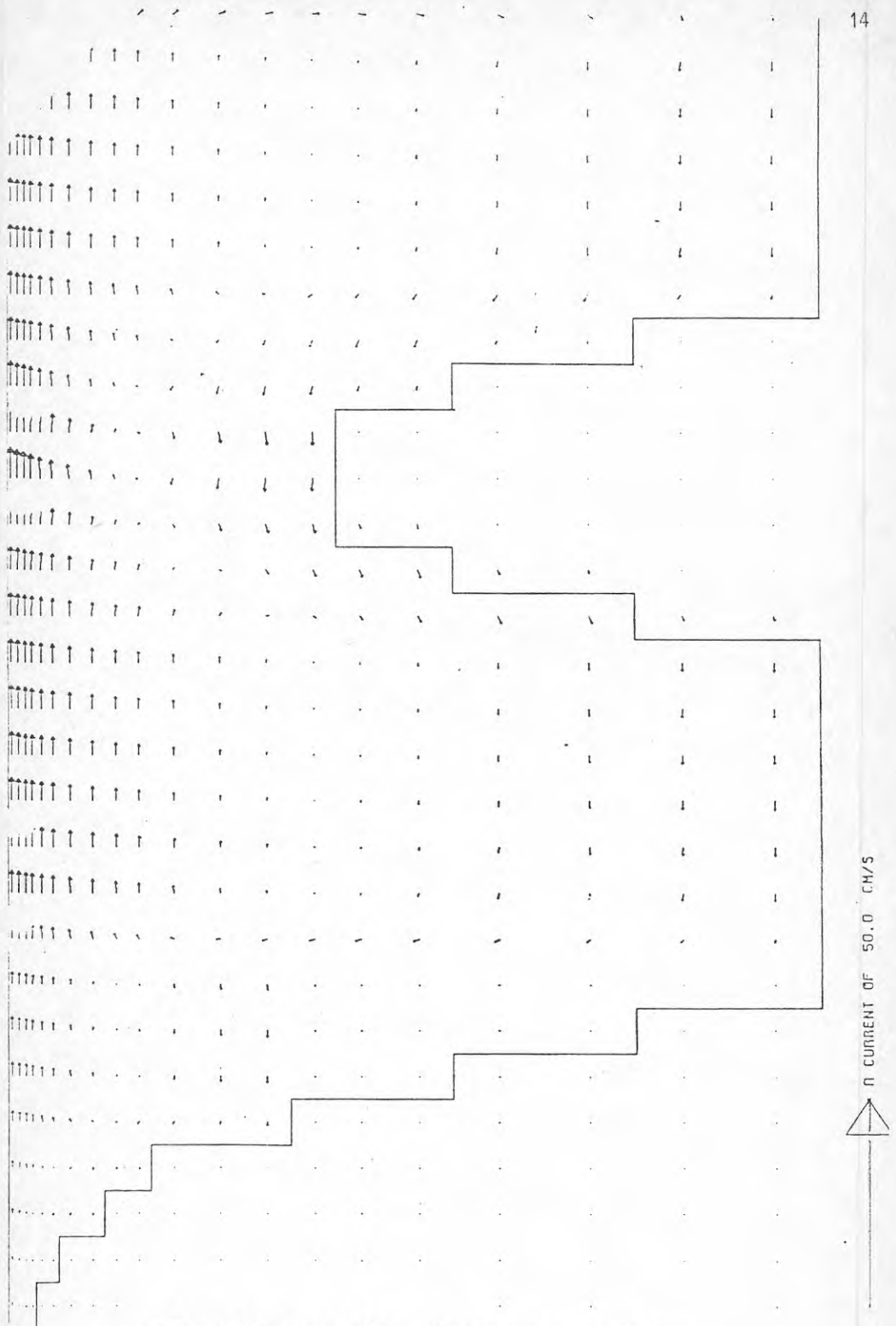
En annan för avkylning betydelsefull process är då det kalla ytvattnet förs samman i ena delen av sjön och varmt djupvatten exponeras mot atmosfären i den andra delen, figur 11. Den tät-hetsskillnad som finns mellan nollgradigt och fyragradigt vatten är så liten att redan måttliga vindstyrkor åstadkommer en kraftig snedställning av gränsytan. En kall, turbulent atmosfär i direkt kontakt med sjöns reservoar av varmt (4°) vatten minskar snabbt värmeinnehållet i sjön.

Strömningshinder i sjön, av typ oljelänsor, medför lägre vågor och lägre strömhastigheter d v s mindre turbulens i ytlagret och i språngskiktet. Resultatet blir en mindre uppblandning av varmt bottenvatten än under naturliga förhållanden. Transporten av ytvatten i vindens riktning minskar och därmed risken för att allt ytvatten skall försvinna från delar av sjön. En enkel modellstudie har genomförts för att ge en uppfattning om vilka effekter på strömmen som en serie länsor kan få.

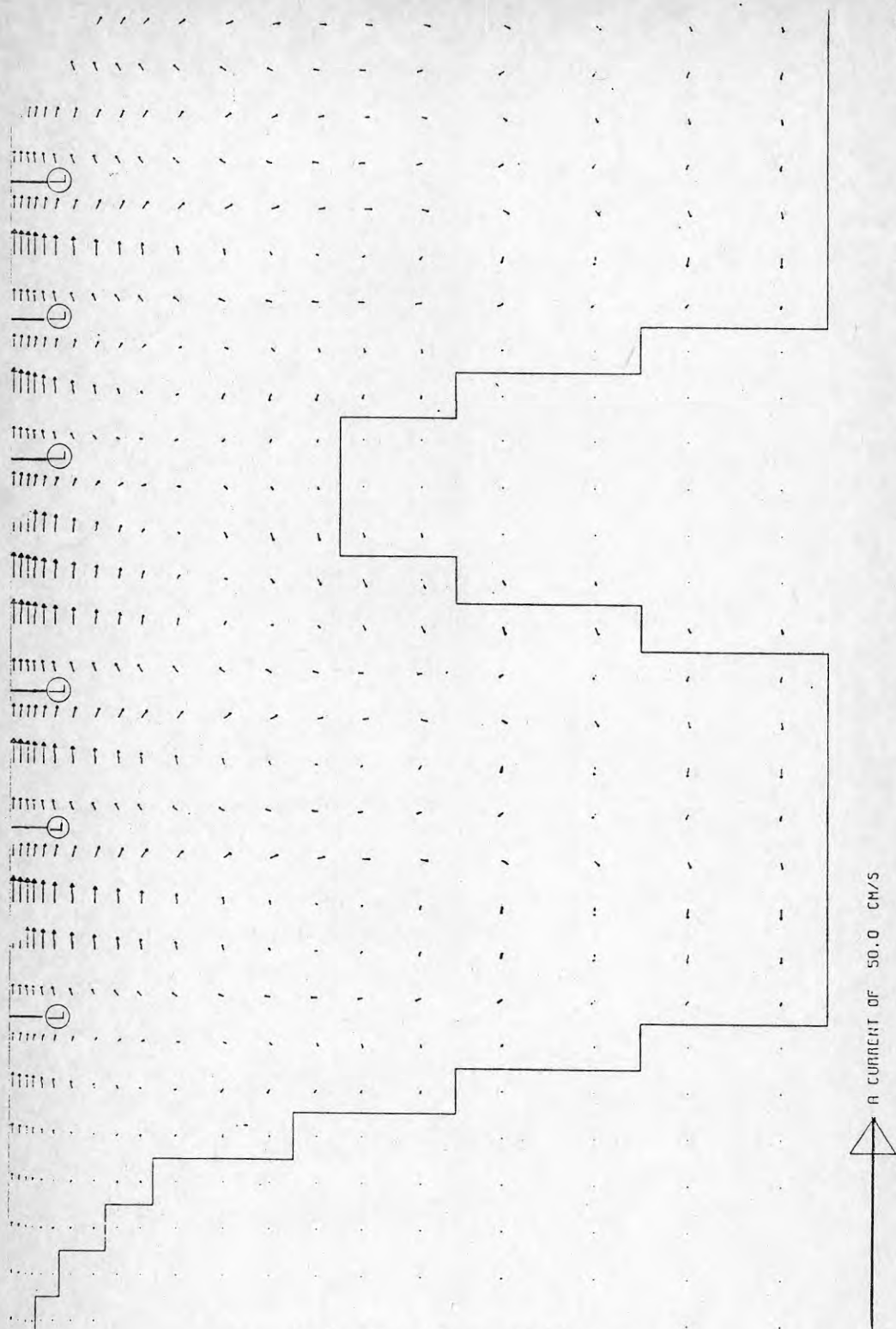
Modellen utgörs av en serie ekvationer som löses med dator. Modellsjön består av två bassänger som sammanbinds av ett sund. Strömmen fås i ett längdsnitt genom sjön. (Man räknar med att samma ström råder i hela snittet tvärs sjön.) Strömmen drivs av vindkraften längs sjön och bromsas av bottenfriktionen. Avståndet mellan beräkningspunkterna är i horisontell led 500 m. De övre punkterna ligger på 30 cm vertikalt avstånd från varandra.



Figur 11 Tvådimensionell representation av vindeffekt på en skiktad sjö. Det undre lagret tvingas av vindcirkulationen upp till ytan.
 d. Temperaturmönstret i Lake Windermere efter 12 timmars konstant vind (Mortimer 1961).



Figur 12. Naturlig vindinducerad ström.



Figur 13. Strömsituation med länsor.

Totaldjupet i sjön är 35 m. I figur 12 visas den beräknade "naturliga" strömmen. Vindhastigheten är 5 m/s, vattnet är homogent i hela sjön. Man kan se att vinden efter att ha blåst några km över sjöns grunda del sätter upp en relativt kraftig strömshastighet (5-10 cm/s) i ytnära (2 m) skikt. På djupare nivåer strömmar vattnet tillbaka. I sundet där tvärsnittsarean är liten är strömshastigheterna som störst vilket är speciellt markant för det återströmmande vattnet.

Den beräknade strömmen då oljelänsor lagts ut i sjön visas i figur 13. Länsorna är 0,75 m djupa och placerade 1,5 - 2 km åtskilda tvärs över sjön. Förhållandena i övrigt är identiska med de i figur 12. Länsorna minskar vattentransporten i ytan. Det vatten som av vinden sätts i rörelse mellan länsorna transporteras nedåt vid länsan och går därefter delvis åter på djupare nivåer. En serie små cirkulationsceller uppstår vilka ersätter det stora cirkulationsmönstret med enbart en cell i varje del av sjön. De små cellerna har mindre möjlighet att transportera vatten från botten och ända upp till ytan. Transporten genom sundet minskar markant genom att en länsa placerats där. Återströmmen av vatten på djupare nivåer minskar i motsvarande omfattning.

Slutsatsen är att man med ett begränsat antal länsor kan dämpa den vinddrivna cirkulationen och därmed omblandningen i en sjö vilket i sin tur bör medföra en tidigare isläggning i sjön.

6. LÄNSFÖRSÖK

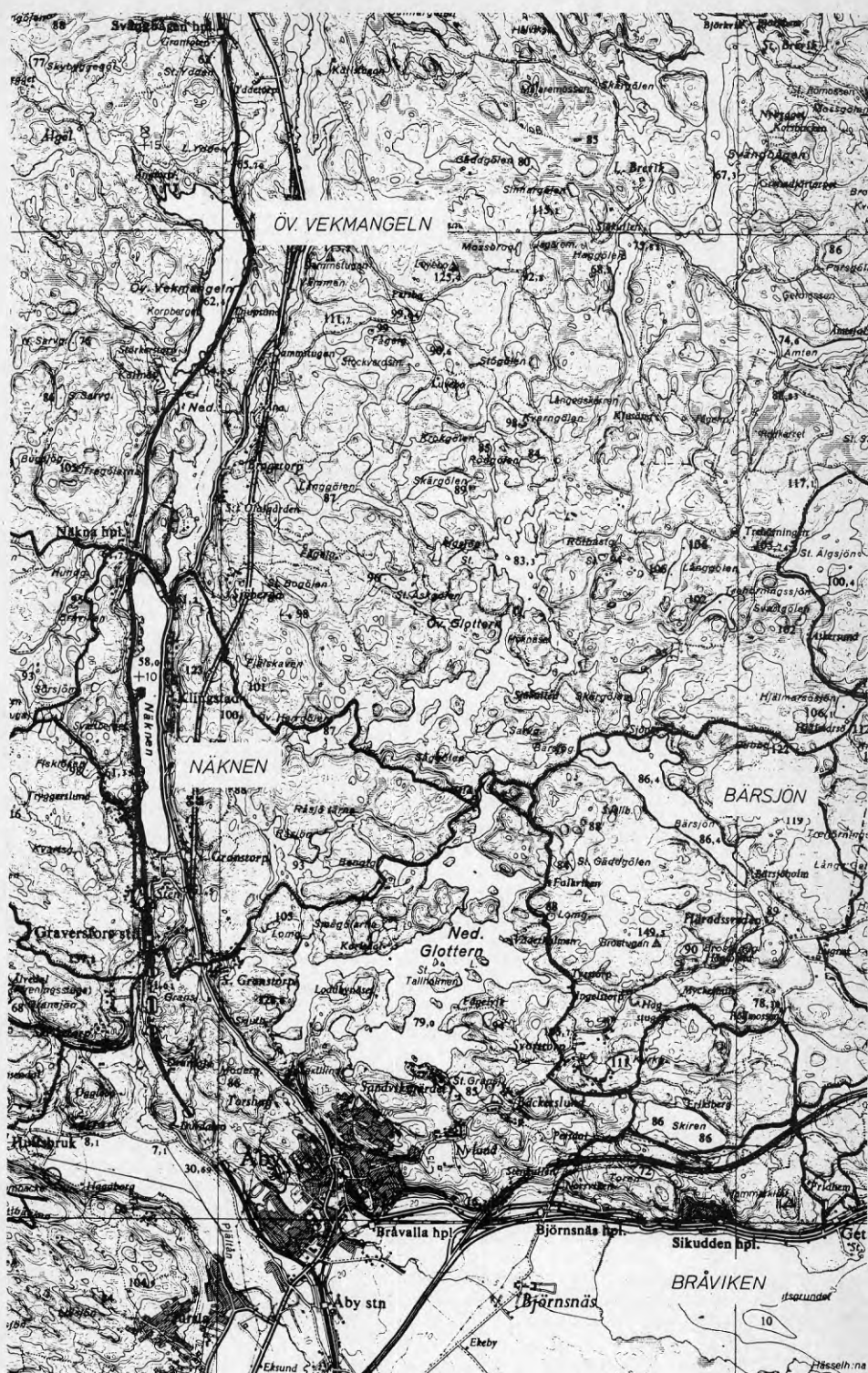
För att pröva iden med cirkulationsbegränsande länsor i praktiken, lade SMHI hösten 1983 och 1984 ut länsor i en sjö, Bär-sjön, i Kolmården norr om Norrköping. Avkylnings- och isläggningsförloppet följdes sedan i denna och i två andra i möjligaste mån jämförbara sjöar. Avkylnings- och isläggningsförloppet hade redan vintern 1982/83 kontrollerats i de tre sjöarna under naturliga förhållanden.

Försökssjöarna

De tre sjöarna i undersökningen var Övre Vekmangeln {651307
152063
Näknen {650833 och Bär-sjön {650935
152024 152414 (Fig.14). Sjöarnas
data redovisas i tabell 1.

Tabell 1 Sjövolymen mm

Sjö	Yta (km ²)	Maxdjup (m)	Volym (milj m ³)	Orientering
Ö Vekmangeln	0.55	21.5	5.5	NNW-SSE
Näknen	0.68	13.5	4.8	N-S
Bär-sjön	0.52	29.5	6.3	NW-SE



Figur 14. Kolmården norr om Åby med försökssjöar. 1:50 000

Med hänsyn till sjöarnas orientering och topografin runt dem gjordes från början antagandet att de skulle utsättas för ungefär likartad vindpåverkan. Efterhand visade det sig att Bärsjön var betydligt mer exponerad för avkylande vindar än de övriga.

Fältverksamhet

Hösten-vintern 1982/83 följdes temperaturutvecklingen i de tre sjöarna av personal från SMHI som gjorde temperaturmätningar från båt eller is vid ett antal tillfällen. Temperaturen mättes normalt i en vertikal, den djupaste, i varje sjö. Isläggningsförloppet observerades av SMHI-personal, och dessutom av bofasta observatörer vid Näknen och Bärsjön.

Höst- vintersäsongerna 1983/84 och 1984/85 lades två länsrader ut i Bärsjön (se fig 15). Länsorna var av en typ som sticker 0,5 m ner i vattnet och 0,25 m över det och är tillverkade i plast. De kopplades fast med rep i bergdubbar eller träd vid landfästena. Dessutom avlastades varje länsa av ankare i två punkter mellan landfästena. För att öka hållfastheten fästes en extra 16 mm lina i länsorna längs hela sträckningen över sjön. Temperatur- och isläggningsförloppet följdes i de tre sjöarna enligt samma observationsprogram som vintern 1982/83. Vintern 1985/86 gjordes kontrollmätningar av energiinnehållet i sjöarna efter isläggning.

Resultatanalys - energiinnehåll

För att kunna göra jämförelser mellan energiinnehållet i de olika sjöarna har ett energital räknats fram för varje mättillfälle, nämligen energiinnehållet i procent av "maximalt vintervärmeinnehåll" (maximalt vintervärmeinnehåll är energiinnehållet när hela vattenmassan håller + 4C temperatur).

I figur 16 a-d redovisas hur energitalet varierade i de tre sjöarna 1982 - 1986. Figuren ger också information om isförhållanden och datum för utsättning av länsor. Energitalskurvorna är idealiserade, i verkligheten har de ett knyckigare förlopp.

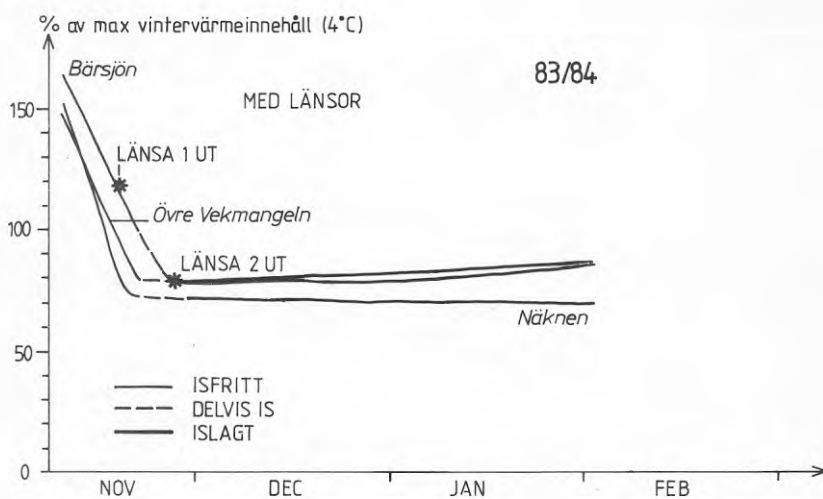
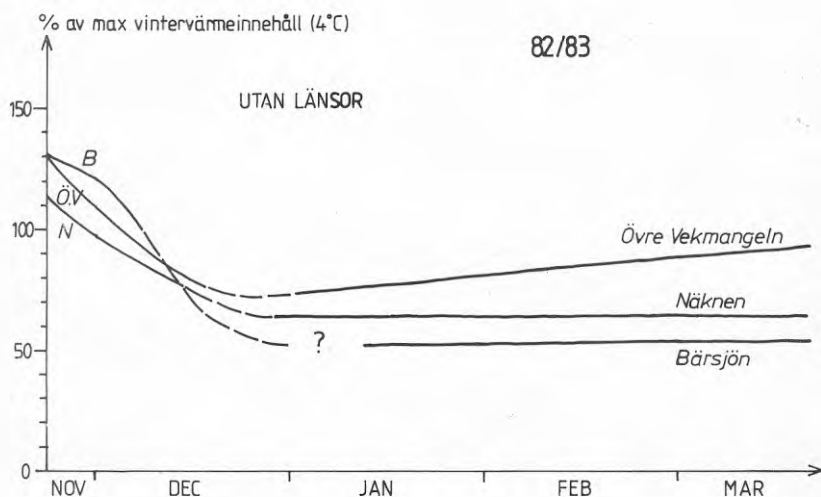
Kurvorna visar att man 1982/83 hade ett mycket utdraget avkylnings- och isläggningsförlopp. Förloppet 1983/84 var relativt snabbt. 1984/85 islades Ö Vekmangeln snabbt medan Bärsjön och Näknen var öppna något längre. Det maximalt möjliga energiinnehållet för vintern har man när 100 % uppnås. Från denna tidpunkt och fram till isläggningen förlorade som exempel Bärsjön 1982/83 48 % av sitt potentiella energiinnehåll. Näknen och Övre Vekmangeln tappade 36 % resp 26 %.

I figur 17 presenteras temperaturförhållandena i de tre sjöarna 2-2.5 månader efter isläggningstidpunkten för två undersökningsvintrar. Kurvorna visar klart hur kraftigt nedkyld Bärsjön var vintern 1982/83 jämfört med de båda andra sjöarna. 1983/84 var förhållandena helt annorlunda, beroende på i första hand det snabbare isläggningsförloppet den vintern, och möjligen också på den länsa som låg i från och med veckorna före isläggningen.



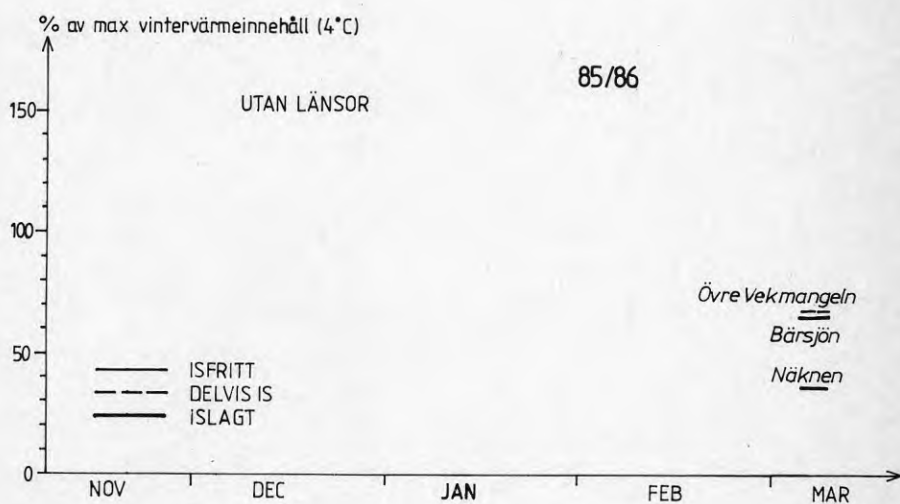
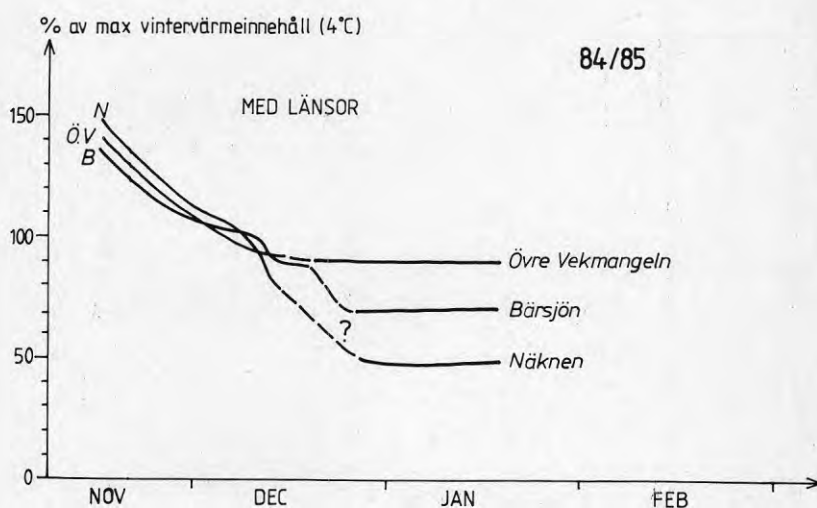
Figur 15. Bärsjön med lägen för länsor.

ENERGIINNEHÅLL I FÖRSÖKSSJÖARNA
(UTTRYCKT I PROCENT AV MAXIMALT
VINTERVÄRMEINNEHÅLL)



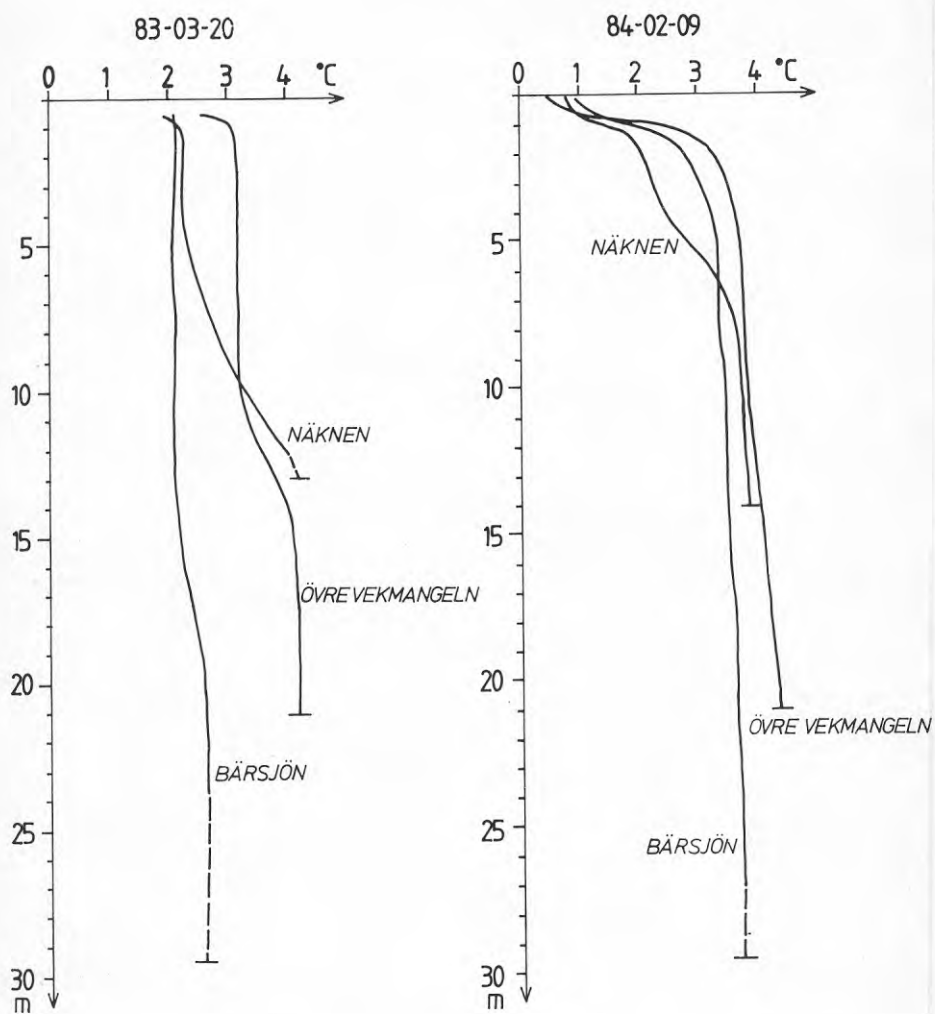
Figur 16a, Figur 16b. Energiinhåll

ENERGIINNEHÅLL I FÖRSÖKSSJÖARNA (UTTRYCKT I PROCENT AV MAXIMALT VINTERVÄRMEINNEHÅLL)



Figur 16c, 16d. Energiinhåll

TEMPERATUR UNDER ISTÄCKET 82/83 OCH 83/84



Figur 17. Temperaturkurvor.

Skillnaden i isläggningsförlopp var tydligt kopplad till olika väderförhållanden. Hösten och förvintern 1982/83 var blåsigt med flera mildperioder. Höstarna 1983 och 1984 var i och för sig också blåsiga, men gynnsamma perioder med lugnt väder och låga lufttemperaturer yppstod i anslutning till att sjöarna just hade kylts ner under 4°C (när 4°C passerats kan sjöar isläggas så fort lämpliga väderförhållanden uppstår).

Av figurerna 16 framgår att det är stora variationer i värmeinnehåll i sjöarna mellan olika år. Det maximala vintervärmeinnehållet (vattenmassan 4°C) i Näknen är 22 milj kwh. Vintern 82/83 och 83/84 innehöll Näknan 14-15 milj kwh. Den följande vintern innehöll Näknan endast 10 milj kwh, vintern 85/86 uppvisade en ännu lägre siffra. Även Bärnsjöns och Vekmangelns värmeinnehåll varierar kraftigt mellan olika år men utan synbart samband med varandra eller med Näknan.

Antag att man med länsor skulle kunna åstadkomma ett värmeinnehåll i Bärnsjön som är några milj kwh över den naturliga nivån. Denna stora förändring skulle inte kunna påvisas i mätresultat från en så kort mätserie som vi nu disponerar. De naturliga variationerna mellan olika år och mellan olika sjöar döljer vår positiva effekt.

Vår förhoppning vid försökets start var att de tre sjöarna med ungefär samma NV-SO orientering och samma storlek skulle avkylas och isläggas på ungefär samma sätt. Vi ser nu att en längre mätserie krävs för att säkert kunna uppmäta en positiv effekt av länsorna i Bärnsjön.

Vad som däremot redan nu är säkert är att länsorna hade positiv effekt på själva isläggningsförloppet. I fig 18 visas islägget i Bärnsjön 83-11-23. Sjön har varit belastad av svag till måttlig nordvästlig vind och lufttemperaturen har varierat mellan -2°C och -9°C . Av figuren drar man slutsatsen att isen har börjat bildas på tre ställen, i sydöstra viken, vid "höga berget" och vid länsan. Vad det gäller länsan och viken har isen sedan troligen efterhand vuxit till i nordvästlig riktning. Hade den återstående länsan varit utlagd vid tillfället skulle troligen is ha börjat att växa på i nordvästlig riktning från den också och sannolikheten för en isläggning av hela sjön redan vid denna tidpunkt hade ökat.

Efter den beskrivna situationen kom en period med relativt hög lufttemperatur och frisk vind och större delen av isen på Bärnsjön bröts upp. 83-11-28 sattes den återstående länsan ut. Därefter avtog lufttemperaturen och vindhastigheten. 831129 hade Bärnsjön fått ett istäcke enligt fig 19. Man kan här se hur isen vuxit på från länsorna och sydöstra viken vilket återigen bekräftar länsornas positiva effekt på isläggningsförloppet. Dagen efter hade samtliga försökssjöar islagts för vintern. Motsvarande positiva effekt av länsorna noterades också vintern 1984/85.



Figur 18. Isförhållandena i Bärsjön 1983-11-23.



Figur 19. Isförhållandena i Bärsjön 1983-11-29

Sammanfattning av resultat från fältförsök

1. Länsor har en klart positiv effekt på isläggningens förlopp.
2. Mätningarna har inte kunnat visa kvantifierbara energivinster p g a cirkulationsminskning och effektivare isläggning. Det påvisade effektivare isläggningsförloppet enligt punkt 1 måste emellertid ge en ökning av energinnehållet vintertid.

Ekonomi, praktik

Materialkostnaderna för försöket var i 1983 års penningvärde cirka 40.000 kronor. Utsättningen av länsorna engagerade två personer i 3 dagar. Upptagningen på våren tog ungefär lika lång tid. De använda länsorna (tillv. DIAB-BARRACUDA) bedöms ha en livslängd på i medeltal 2 år. De fick bl a rivskador i plasten och bristningar p g a röta i sammankopplingslinorna mellan länssektionerna. Något stabilare plast och rötsäkra sammankopplingslinor borde kunna ge en fördubblad livslängd.

Användning av trästockar som länsor ger en något mindre effektiv länsa. Djupet i vattnet blir mindre, höjden över ytan likaså. Uppenbara fördelar med en sådan länsa är längre livslängd, billigare pris. Länsan kan också möjligen förtöjas intill land under sommaren utan att förorsaka någon miljöförstöring. Arbetet med att lägga ut och ta upp länsorna skulle därmed underlättas. En icke försumbar kostnad är lagerhållningen/förvaringen av plastlänsorna över sommaren.



Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 830214-1
från Statens råd för byggnadsforskning till SMHI,
Norrköping.

R8: 1987

ISBN 91-540-4686-6

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

Art.nr: 6707008

Abonnemangsgrupp:
Ingår ej i abonnemang

Distribution:
Svensk Byggtjänst, Box 7853
103 99 Stockholm

Cirka pris: 30 kr exkl moms